Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in großen Seehöhen

(II. Mitteilung)

von

Dr. **Maximilian Samec.**

Ausgeführt mit Subvention der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Juni 1908.)

Im Anschluß an die Arbeiten Wiesner's[1] habe ich in der I. Mitteilung[2] neben der Arbeitsmethode das Ergebnis der Messungen veröffentlicht, welche beim Ballonaufstiege am 24. Mai 1907 ausgeführt wurden. Es zeigten die daselbst beobachteten Werte der Gesamtintensität, sowie andere Befunde eine volle Übereinstimmung mit dem von Wiesner im Yellowstonegebiete gesammelten Materiale. Eine weitere Subvention der hohen mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien setzte mich in die Lage, diese Arbeit fortzusetzen und ich teile die weiteren Resultate nachstehend mit.

Es wäre zunächst wünschenswert gewesen, auch für das Andresen'sche Papier Rhodamin *b*, das ich bei meinem ersten Aufstiege verwendet, einen Vergleichston herzustellen. Da jedoch alle diesbezüglichen Bemühungen fehlgeschlagen sind, unterließ ich es, mit diesem Papiere weitere Messungen auszuführen.

---

[1] Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas des Yellowstonegebietes. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXXV.

[2] Samec, Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in großen Seehöhen, I. Diese Sitzungsberichte, Bd. 116, Abt. I.

Als Indikator des chemisch wirksamen Lichtes verwendete ich das Eder'sche haltbar gesilberte Papier, welches jedoch bedeutend empfindlicher ist als das Bunsen-Normalpapier. Es wurde durch viele Vergleichsmessungen die Relation der beiden Empfindlichkeiten festgestellt; sie betrug 0·665. Mit diesem Faktor wurden alle auf dem Ederpapier erhaltenen Intensitätswerte multipliziert, so daß den unten mitgeteilten Zahlen die Bunseneinheit zugrunde liegt. Die verwendete Apparatur glich ganz der in der I. Mitteilung beschriebenen.

Aufstieg am 14. Mai 1908.

Wie der erste, sollte auch der diesmalige Aufstieg zu einer Zeit erfolgen, wo die Gesamtintensität etwa den Jahresmittelwert erreicht. Dies ist nun im Mai annähernd der Fall, überdies war das ruhige Wetter der zweiten Maiwoche 1908 für Hochfahrten günstig.

Am Tage des Aufstieges, 14. Mai, lag eine tiefe Depression westlich von England, eine zweite über der mittleren Ostsee. Relativ hoher Druck herrschte im Süden und Südosten, während ein kleines Maximum nördlich der Alpen Zentraleuropa einnahm. In Österreich war nachts zwischen 13. und 14. Mai nördlich der Alpen Trübung eingetreten, der Süden, sowie Galizien und Ostungarn waren heiter. Wien hatte morgens bei schwachem Westnordwest ganz bewölkten Himmel, gegen Mittag klärte sich der Himmel ein wenig, ohne daß Ausheiterung aufgetreten wäre. Während des Aufstieges wurden auf der meteorologischen Zentralanstalt folgende Werte der meteorologischen Elemente beobachtet (Tabelle 1).

Vor dem Aufstiege bestimmte ich die Relation zwischen den am Ballonapparat beobachteten Intensitätswerten und den im Freien gefundenen.

Es betrug bei S_3

	Im Freien	Am Ballonapparat
Chemische Gesamtintensität	$Jg = 0·742$	$Jg = 0·667$
Chemische Intensität des diffusen Lichtes	$Jd = 0·344$	$Jd = 0·310$

woraus der Faktor für die Korrektur der im Ballon gemessenen Jg und Jd = 1·11 ergibt.

Tabelle 1.

Gang der meteorologischen Elemente in Wien am 14. Mai 1908.

	10a.	11a.	12	1p.	2p.
Temperatur, °C. .	15·0	15·3	16·4	17·4	17·6
Barometer, *mm* . .	741·9	741·3	740·9	740·6	740·0
Feuchtigkeit, % .	71	69	68	65	64
Bewölkung, 1–10.	10 Stcu		10 Stcu		10 Stcu
Windrichtung und Stärke, *km*/St. .	NW_2		NE_6	E_{10}	E_{12}
Fernsicht, *km* E	25		45		35
Fernsicht, *km* S	6		6		6
Fernsicht, *km* W	8		8		8

Der Aufstieg erfolgte um $11^h 55^m$ m. e.

Der Ballon hielt zuerst fast genau nördliche Richtung ein, bog dann nach Nordost, überquerte die Donau und hielt dann genau die Richtung Nordost ein. Um $1^h 17^m$ erreichten wir die Höhe 3650 *m*, worauf über Sasvár der Ventilzug erfolgte.

Die bei der Auffahrt beobachtete Bewölkung 9 Stcu nahm rasch ab. Der Wienerwald blieb ganz in Wolken gehüllt, in der Fahrtrichtung aber konnte durchschnittlich eine Wolkendecke 3 beobachtet werden (Stcu und Cistr.), welche hoch ober uns war; unten jagten nur vereinzelte Nebelfetzen aus Südost. Die ganze Zeit hindurch war die Luft außerordentlich klar, es konnten, das Wiener Becken ausgenommen, die entferntesten Terrainstücke klar gesehen werden.

Die Expositionszeit betrug sowohl bei Ober- als auch bei Unterlicht 5 Sekunden. Die erhaltenen Lichttöne wurden in einer Aluminiumbüchse versorgt und am 16. Mai bei einer Lichtintensität von 0·036 verglichen. Nachdem die Werte mit der Papier- und Apparatkonstante korrigiert worden waren, rechnete ich die chemische Intensität des Sonnenlichtes (Js) und daraus das Verhältnis $\frac{Js}{Jd}$.

In der Tabelle 2 sind die erhaltenen Zahlen nebst den zugehörigen Werten der Bewölkung und Sonnenbedeckung zusammengestellt. Zur Zeit der ersten Beobachtung betrug, wie mir Herr Dr. Broch freundlich nach meinem Fahrtendiagramm berechnete, die Sonnenhöhe in Wien 60° 24' 26" und sank bis zum Augenblicke der Landung auf 54° 56' 51".

Die in Tabelle 2 zusammengestellten Werte zeigen wieder die von Wiesner[1] und später von mir[2] beobachteten Tatsachen. Auch diesmal steigt die Gesamtintensität der chemisch wirksamen Strahlung mit steigender Seehöhe. Die Zahlen erreichen allerdings lange nicht jene Höhe, wie sie beim ersten Aufstieg beobachtet wurde. Es betrug da Jg in 3500 *m* 2·124, im zweiten bloß 1·511, doch mag darauf hingewiesen werden, daß die Messungen vom 24. Mai 1907 schon in Wien selbst einen ausnehmend hohen Wert der Gesamtstrahlung ergaben. An diesem Tage betrug die Intensitätszunahme auf 4078 *m* 0·744 = 47% der auf der Erde herrschenden chemisch wirksamen Strahlung, am 14. Mai 1908 aber steigt Jg bei einer Höhendifferenz von 3528 *m* von 0·762 auf 1·534, d. h. um 101% des ursprünglichen Wertes. Die Änderung der Intensitätswerte konnte von der geographischen Breite unmöglich so stark beeinflußt worden sein, da der Landungsplatz bei der ersten Fahrt (Level, Ungarn) kaum 20' südlicher und der Landungsplatz des zweiten Aufstieges (Bur-Szent-Miklós) rund 25' nördlicher liegt als Wien.

Dieser starke Gradient der Strahlung erscheint bei der zweiten Beobachtungsreihe umso auffallender, als die Luftklarheit diesmal außerordentlich groß war, hingegen beim ersten Aufstiege schon aus 2000 *m* die Erde dunstig erschien. Maßgebend dafür mußten daher vor allem Vorgänge gewesen sein, die sich in den höheren Luftschichten abspielten und unserem Auge verborgen blieben. Ein besonderes Augenmerk verdient auch der um $12^h 51^m$ beobachtete Wert. Die chemische Gesamtintensität beträgt da in einer Höhe von 2400 *m* nur 0·717, während kurz vorher (2150 *m* um $12^h 45^m$) schon 1·195

[1] L. c.

[2] L. c.

Tabelle 2.

Lichtintensitäten in verschiedenen Seehöhen.

Zeit m. e.	11^h55	12^h2	12^h15	12^h20	12^h30	12^h36	12^h38	12^h45	12^h51	12^h57	1^h3	1^h8	1^h10	1^h17
Seehöhe, *m*	122	450	800	1200	1400	1700	1900	2150	2400	2800	3000	3200	3500	3650
Bewölkung und Sonne	Stcu 9 S_3	Stcu 7 S_3	Cicu Stcu 3 S_{3-4}	Cicu Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 4 S_3	Stcu 2 S_4	Stcu 2 S_4	Stcu 2 S_4	Stcu 2 S_4	Stcu 4 S_{3-4}	Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 3 S_4
Chem. Intensität im Freien Jg	0·762	0·813	0·759	0·978	0·984	0·992	1·164	1·195	0·717	1·091	1·373	1·421	1·511	1·534
Chem. Intensität im Freien Jd	0·364	0·359	0·312	0·438	0·463	0·447	0·442	0·434	0·325	0·423	0·418	0·398	0·400	0·389
Chem. Intensität im Freien Js	0·398	0·454	0·447	0·540	0·521	0·545	0·722	0·761	0·392	0·668	0·955	1·020	1·111	1·145
$\frac{Js}{Jd}$	1·09	1·26	1·43	1·23	1·13	1·22	1·64	1·75	1·24	1·57	2·29	2·57	2·78	2·94
Chem. Intensität des Unterlichtes Ju	[1] 0·201	0·346	0·335	0·410	0·427	0·420	0·415	0·411	0·389	0·401	0·381	0·377	0·386	0·372

Um 12^h Mittags wurde im pflanzenphysiologischen Institute in Wien die Gesamtintensität Jg = 0·571 beobachtet.

[1] 4 *m* über dem Boden.

gemessen worden ist. Die Bewölkung war dabei ganz gleich geblieben bei voller Sonne. Es mag dies eine Analogieerscheinung zu der von Wiesner[1] beobachteten Mittagsdepression und der von mir statistisch festgestellten geringen Zunahme der Luftdurchsichtigkeit um die Mittagszeit[2] sein.

Die chemische Wirksamkeit des diffusen Lichtes zeigt auch diesmal in unregelmäßigen Schwankungen allmähliche Abnahme mit steigender Seehöhe, bleibt aber höher als sie beim ersten Aufstieg gefunden wurde.

Da die chemische Sonnenintensität fast kontinuierlich steigt, so wächst auch der Quotient $\frac{Js}{Jd}$. Während auf der Erde die wirksame Strahlung des Sonnen- und diffusen Lichtes annähernd gleich waren, erreicht erstere in 3650 *m* fast den dreifachen Wert der letzteren, eine Beziehung, die, wenn auch vereinzelt, von Schwab[3] in Kremsmünster gefunden wurde. Weit höhere Werte von $\frac{Js}{Jd}$ wurden von Wiesner[4] im Yellowstonegebiete beobachtet; auch meine Messungen vom 24. Mai 1907 zeigen einen bedeutend höheren Wert dieses Verhältnisses (5·72).

Das Unterlicht nimmt zunächst mit steigender Seehöhe zu und zeigt als Abhängige des zerstreuten Lichtes dann im allgemeinen Tendenz zur Abnahme. Daß die Terrainbeschaffenheit bei Messungen in nicht zu großen Höhen von Einfluß zu sein scheint, läßt die Tabelle erkennen.[5] Das erste Maximum des Unterlichtes wurde in 450 *m* gemessen und betrug 0·346, gerade als der Ballon die Donau übersetzte, das zweite in 1400 *m* im Augenblicke, wo wir über der March und

[1] L. c., p. 8 und Photochemisches Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java). Denkschriften der kais. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 64.

[2] Samec, Durchsichtigkeit der Luft bei verschiedenen Witterungszuständen in Wien. Diese Sitzungsber. Bd. 114.

[3] Schwab, Photochemisches Klima von Kremsmünster. Denkschriften der kais. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 74, p. 161.

[4] L. c., p. 8.

[5] Unterlichtmessungen über Wasserflächen wurden von Wiesner an der Thaya ausgeführt.

ihrem Überschwemmungsgebiet schwebten; auch der in 2800 *m* beobachtete Wert von 0·401 fällt in einen Augenblick, wo wir eine größere Wasserfläche in der Umgebung einer Ziegelei passierten. Bei der Messung um $1^h\ 10^m$ (3500 *m*) schwebten wir über einer Wolke, und es ist nicht ausgeschlossen, daß die Lichtreflexion zu einer Erhöhung der gemessenen chemischen Wirksamkeit beigetragen hat. Inwiefern die erwähnten Tatsachen miteinander in ursächlicher Beziehung stehen, das läßt sich mit Sicherheit aus der zur Verfügung stehenden geringen Zahl der Beobachtungen nicht mit Sicherheit ermitteln.

Auch die heuer gewonnenen Daten verwendete ich dazu, um die Größe der Lichtabsorption innerhalb einzelner Schichten zu berechnen. Die Resultate sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3.

Zunahme der chemischen Lichtwirksamkeit innerhalb einzelner Luftschichten.

	Höhenschichten in Metern						
	122 bis 450	450 bis 1200	1200 bis 1700	1700 bis 2150	2150 bis 2800	2800 bis 3200	3200 bis 3650
Zunahme von Jg . .	0·051	0·165	0·014	0·203	0·104	0·330	0·113
Zunahme auf je 100 *m* : $\frac{dJ}{100}$	0·015	0 021	0·003	0·045	—	0·082	0·025

Wie die erst veröffentlichten Messungen lassen auch die heutigen keine Regelmäßigkeit der Lichtabnahme innerhalb der kleinen in der Tabelle angenommenen Höhendifferenzen erkennen. Bildet man aber Differenzen der etwa 1000 *m* voneinander liegenden Intensitätswerte, dann zeigt sich innerhalb der ersten 1000 *m* eine Zunahme von 0·200 auf 1000 *m*,

innerhalb der Höhe 1000 bis 2000 *m* 0·228 auf 1000 *m*, in der dritten Höhenschichte 0·215 auf 1000 *m* und in der vierten 0·251 auf 1000 *m*. Die so erhaltenen Werte lassen nun deutlich ersehen, daß im allgemeinen die Zunahme der chemischen Lichtintensität umso größer wird, in je höhere Schichten man vordringt.